

Wie energieeffizient ist Deutschland? – Erstellung einer Nutzenergiebilanz

David Ruprecht Und Hannes Kracht

Wie effizient nutzen wir Energie in Deutschland? Welche Anwendungen benötigen wie viel Energie? Wo entstehen die größten Verluste? Aufbauend auf den Energie- und Anwendungsbilanzen der AG Energiebilanzen beantwortet die Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FFE) diese Fragen mit den ersten sektorübergreifenden Nutzenergiebilanzen seit 2007. Sie sind online unter www.bdew.de/energie/nutzenergiebilanz interaktiv abrufbar. Die Aktualisierung zeigt Fortschritte sowie verbleibende Potenziale auf.

„Mit dem Ausbau erneuerbarer Energien allein kann die Energiewende nicht funktionieren. Um den Energiebedarf decken zu können, müssen wir ihn senken: indem wir Energie einsparen und effizienter verwenden“ [1]. Mit diesem Statement veröffentlichte die Bundesregierung unter Eindruck des russischen Angriffskriegs auf die Ukraine und der sich anbahnenden Preisexplosion für Erdgas und Strom im Mai 2022 den „Arbeitsplan Energieeffizienz“. Im September 2023 beschloss der Deutsche Bundestag das Energieeffizienzgesetz (EnEfG), das Ziele für die Senkung des Primär- und Endenergieverbrauchs bis 2030 festlegt, wobei beispielsweise der Endenergieverbrauch um rund 500 TWh bzw. 1.800 PJ sinken soll [2].

Der Endenergieverbrauch umfasst dabei per Definition alle von den Endverbrauchern zu energetischen Zwecken eingesetzten Energieträger und teilt sich auf unterschiedliche Anwendungen wie Raumwärme, mechanische Energie oder Beleuchtung auf [3]. Maßnahmen zur Senkung des Endenergieverbrauchs lassen sich in zwei Kategorien unterteilen: Energiesparmaßnahmen und Energieeffizienzmaßnahmen. Eine Energiesparmaßnahme (Suffizienz, Verhalten) ist beispielsweise, die Dauer oder Intensität zu reduzieren, in der ein Raum beleuchtet wird. Eine Energieeffizienzmaßnahme hingegen wäre, die Beleuchtung von herkömmlichen Glühbirnen auf LEDs umzustellen.

Um zu verstehen, wie effizient in Deutschland (End-)Energie genutzt wird, muss

analysiert werden, welcher Anteil der Endenergie in Nutzenergie umgewandelt wird und welcher Anteil als Verlust anfällt. Die Nutzenergiebilanz erfasst folglich die letzte Stufe der Energieumwandlung, die den Endverbrauchern nach Anwendung von Primär- oder Sekundärenergieträgern letztendlich (also nach Abzug der Verluste auf der Anwendungsebene) als Energiedienstleistung in Form von z.B. Wärme (aus dem Betrieb von Heizungen zur Bereitstellung von Raumwärme oder Warmwasser), Mobilität bzw. mechanische Energie (aus dem Antrieb von Fahrzeugen oder dem Betrieb mechanischer Geräte, wie Rasenmäher usw.) oder Licht (aus dem der Nutzung von Beleuchtungsmitteln zur Beleuchtung gewerblicher oder privater Räume u.a.) tatsächlich zur Verfügung steht [4]. In Bezug auf das Beispiel der

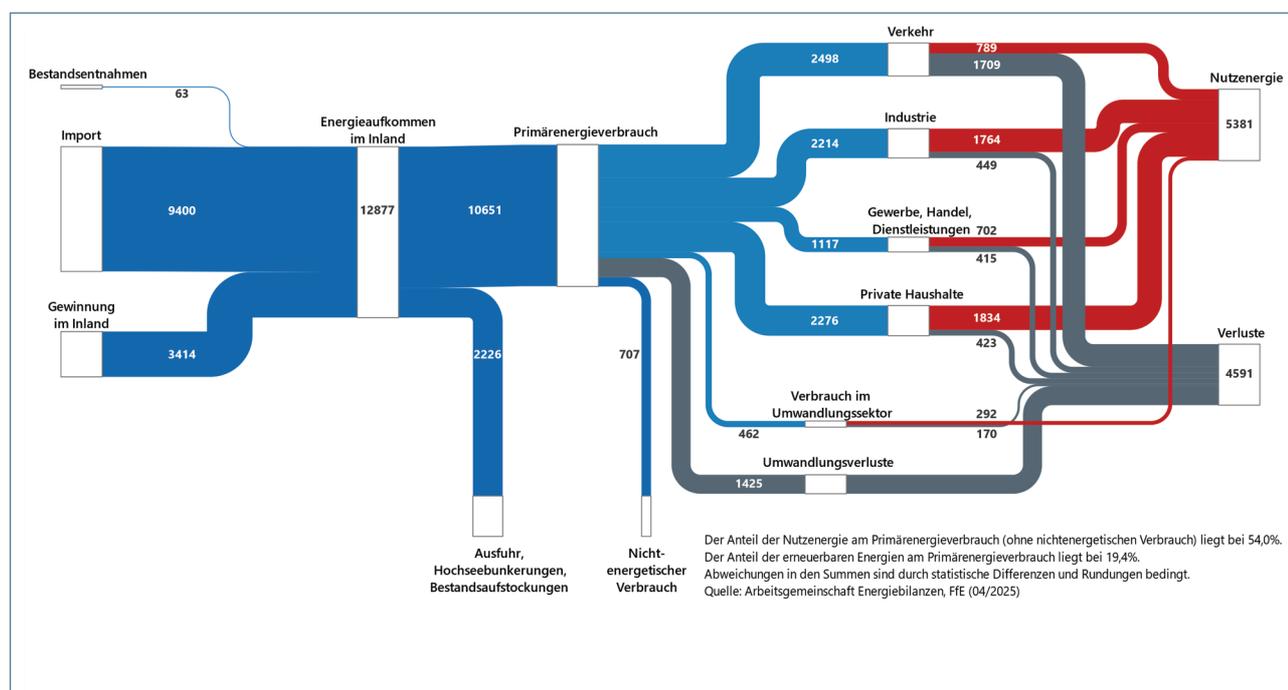


Abb. 1 Vereinfachtes Energieflussbild der Bundesrepublik Deutschland 2023 in PJ

Quelle für alle Abb.: BDEW, AGEB, HEA, FFE

Beleuchtung ist es erforderlich, den Anteil des als Endenergie eingesetzten Stroms zu ermitteln, der in Licht umgewandelt wird, und den Anteil, der in unerwünschte Wärme umgewandelt wird.

Eine ganzheitliche und sektorübergreifende Nutzenergiebilanz wurde dabei zuletzt 2007 für Deutschland erstellt. Um diese Lücke zu schließen und die Entwicklung der Energieeffizienz nachvollziehbar zu machen, veröffentlichten der BDEW, die AG Energiebilanzen (AGEB), die Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung (HEA) und die Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) im Jahr 2023 erstmalig eine Nutzenergiebilanz für das Jahr 2021 [5]. Nun liegt deren Aktualisierung für das Jahr 2023 - in vereinfachter (Abb. 1) und detaillierter Darstellung (Abb. 4) vor.

Erstellung der Nutzenergiebilanz: Empirische Ausgangslage, verwendete Methodik und getroffene Annahmen

Die 1971 gegründete AG Energiebilanzen veröffentlicht jährlich eine **Energiebilanz** der Bundesrepublik Deutschland. Diese Energiebilanz vollzieht dabei den Fluss der unterschiedlichen Energieträger von der Bereitstellung als Primärenergieträger, deren Umwandlung in Sekundärenergieträger bis zum Verbrauch als Endenergieträger in den unterschiedlichen

Sektoren in Form einer konsistenten Matrix nach. Somit lässt sich der Endenergieverbrauch der Sektoren Verkehr, Industrie, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen (GHD) und private Haushalte (PHH) energieträgerscharf nachvollziehen. Für die Sektoren Verkehr und Industrie wird der Endenergieverbrauch zusätzlich auf die verschiedenen Verkehrsträger bzw. Wirtschaftszweige aufgeteilt.

Aufbauend darauf werden seit 2008 von der AGEB in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer ISI und dem RWI sog. **Anwendungsbilanzen** veröffentlicht. Diese teilen den Endenergieverbrauch je Sektor auf acht Anwendungszwecke, Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme, Prozesskälte, Klimakälte, Mechanische Energie, Beleuchtung und IuK (Information und Kommunikation) auf [6].

An diese Datengrundlage knüpft die Analyse für die Erstellung der **Nutzenergiebilanz** an. Um Nutzenergie von Verlusten zu unterscheiden, wird in jedem (Sub-) Sektor für jede existente Kombination aus Energieträger und Anwendung ein Nutzenergiefaktor ermittelt. Der Nutzenergiefaktor beschreibt den Anteil der Nutzenergie am Endenergieeinsatz und kann somit vereinfacht als Nutzungsgrad verstanden werden. Die Unterscheidung nach Energieträgern ist relevant, da beispielsweise der Endenergieträger Strom in einem Elektromotor effizienter in me-

chanische Energie umgewandelt wird als der Endenergieträger Benzin in einem Verbrennungsmotor. Die Nutzenergiefaktoren basieren auf recherchierten Wirkungsgraden der jeweiligen Technologien aus der Fachliteratur sowie den operativen Erfahrungen aus praxisnahen Wärme- und Industrieprojekten der FfE.

Abb. 2 zeigt beispielhaft für den Sektor „Private Haushalte“ die Aufschlüsselung der drei beschriebenen Ebenen - von der Energie- über die Anwendungs- zur Nutzenergiebilanz.

Im Folgenden soll auf einige Besonderheiten und Details der getroffenen Annahmen im Zusammenhang mit der Bestimmung der Nutzenergiefaktoren eingegangen werden:

- Als Nutzenergie wird in diesem Kontext ausschließlich jener Anteil der Endenergie gewertet, der der Durchführung der gewünschten Anwendung dient. Abwärme, die beispielsweise in Gebäuden durch den Betrieb von Computern oder Leuchtmitteln entsteht, wird als Verlust betrachtet, da die Bereitstellung von Raumwärme nicht der Zweck der eingesetzten Energiemenge ist.
- Den Anwendungen „Prozess- und Klimakälte“ wird stets ein Nutzenergiefaktor von 100 % zugewiesen, da Kältemaschinen aus 1 kWh Strom

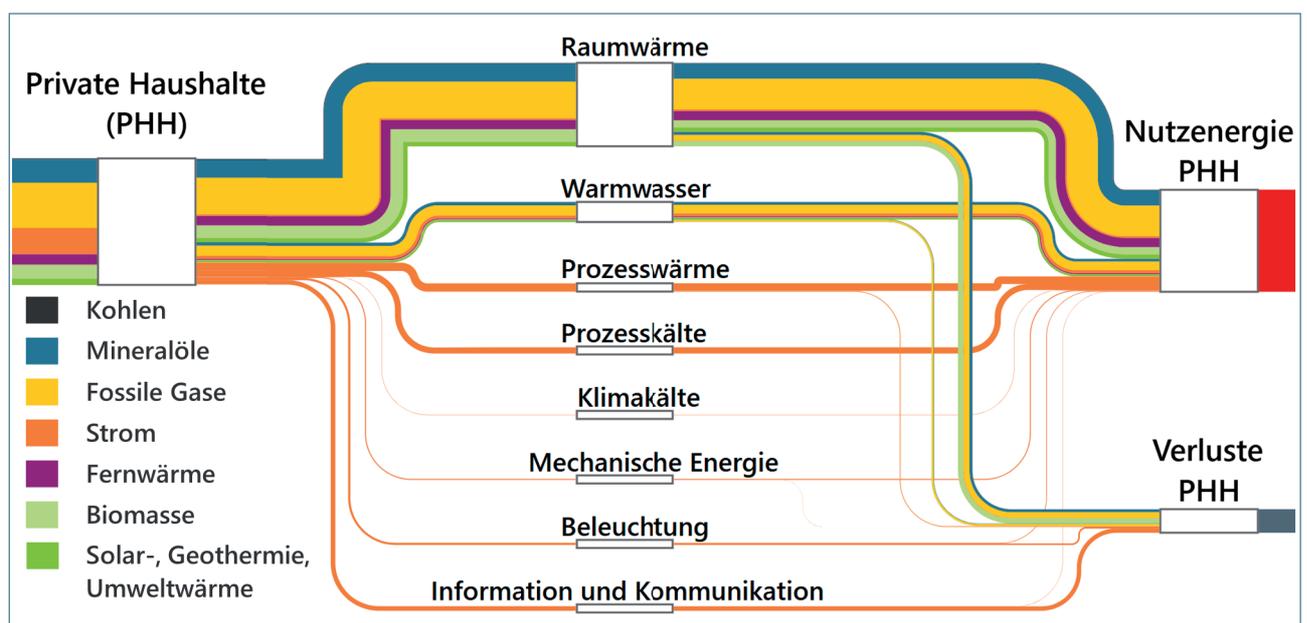


Abb. 2 Energieträgerscharfe Betrachtung der Endenergieanwendungen (Anwendungsbilanz) und des dabei entstehenden Verhältnisses aus Nutzenergie und Verlusten (Nutzenergiebilanz) im Sektor private Haushalte (Detailaufnahme aus Abb. 4)

stets mehr als 1 kWh Kälte erzeugen, die dabei als Umgebungskälte, der Umgebung entzogene Energie in den Energiebilanzen allerdings nicht bilanziert wird.

- In der Regel können zur Umwandlung eines Endenergieträgers in Nutzenergie verschiedene Technologien mit unterschiedlichen Nutzenergiefaktoren eingesetzt werden. So werden beispielsweise zur Umwandlung des Endenergieträgers „Strom“ in die Anwendung „Beleuchtung“ neben einem kleinen Anteil herkömmlicher Glühlampen auch Halogenlampen, Leuchtstoffröhren und LED-Lampen eingesetzt. Um den übergreifenden Nutzenergiefaktor der Umwandlung von „Strom“ in der Anwendung „Beleuchtung“ zu bestimmen, werden daher Wirkungs- und Verbreitungsgrade der verschiedenen Technologien zu einem gewichteten Mittelwert verrechnet.
- Im Sektor Industrie wird die energieintensivste Anwendung „Prozesswärme“ jeweils branchenspezifisch betrachtet und somit für jede Branche eigene Nutzenergiefaktoren be-

stimmt. Die weiteren Anwendungen werden als branchenunspezifische Querschnittstechnologien betrachtet, wobei sich die Anwendung „Mechanische Energie“ zwischen Druckluft, Pumpen und sonstigen Anwendungen differenziert.

Bereits diese kurzen Ausführungen lassen erkennen, dass empirische bzw. aggregierte Nutzenergiefaktoren (auf der Ebene von Sektoren und/oder Energieträgern) nicht ausschließlich von technischen Parametern (Wirkungsgrad), sondern auch von ökonomischen Einflussgrößen wie z.B. den Energiepreisen abhängen, die unmittelbar die Verbreitung energieeffizienterer Technologien und damit in längerfristiger Perspektive auch den Modernitätsgrad des Kapitalstocks beeinflussen, den die Endenergieverbraucher zur Bereitstellung der jeweiligen Energiedienstleistung einsetzen.

Einordnung und Diskussion der wichtigsten Ergebnisse

Im Vergleich zur Nutzenergiebilanz für das Jahr 2007, also in längerfristiger Pers-

pektive, zeigt sich, dass der Anteil an Nutzenergie und damit die effiziente Verwendung von Energie bis 2023 deutlich gestiegen ist. Im Jahr 2007 lag der Anteil an Nutzenergie am Endenergieverbrauch noch bei 51 % und ist seitdem auf 65 % (2021) bzw. 63 % (2023) gestiegen [7]. Um eine zuverlässige Einordnung der Entwicklung sowie einen aussagekräftigen, qualitativen Vergleich der Ergebnisse zu ermöglichen, sollte in zukünftigen Aktualisierungen die entwickelte und hier beschriebene Methodik beibehalten werden. Die folgenden Auswertungen vergleichen daher die Nutzenergiebilanzen der Jahre 2021 und 2023 miteinander (siehe Abb. 3).

Der Anteil an Nutzenergie am Primärenergieverbrauch (exkl. des nichtenergetischen Verbrauchs) lag 2021 bei knapp 53 % und 2023 bei 54 %. Dass der Anteil an Nutzenergie am Primärenergieverbrauch geringer ist als jener am Endenergieverbrauch, liegt insbesondere an den Verlusten, die in den thermischen Kraft-, Heizkraft-, und Fernheizwerken bei der Umwandlung der diversen Primärenergieträger in die Endenergieträger Strom und Fernwärme auftreten. Zusätzliche Verluste

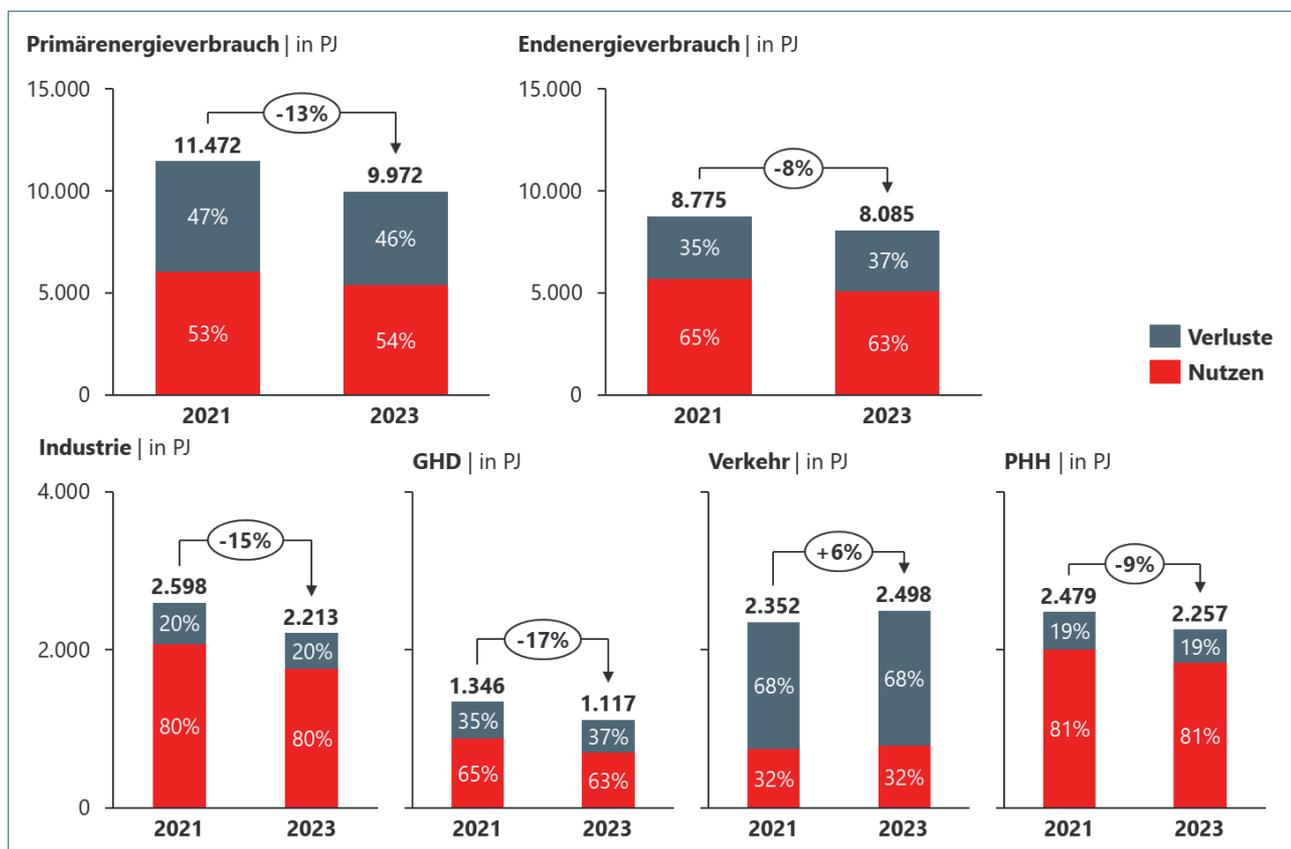


Abb. 3 Anteil von Nutzenergie und Verlusten in den verschiedenen Sektoren in den Jahren 2021 und 2023

und Energieverbräuche fallen selbstverständlich bei der Umwandlung weiterer Primär- in Sekundärenergieträger (z.B. Rohöl in Mineralölprodukte oder Stein- und Braunkohle in Briketts, Koks oder Kohlegase) an, die ebenfalls im Endenergieverbrauch nicht abgebildet werden. Der steigende Anteil an Strom aus erneuerbaren Energien (bzw. aus Windenergie, Wasserkraft und Photovoltaik) wird die Verluste im Umwandlungssektor in den nächsten Jahren jedoch voraussichtlich weiter sinken lassen, weil nach der Konvention der Energiebilanzierung (Wirkungsgradmethode) bei diesen Energieträgern der jeweilige Energieein-

satz dem Heizwert der erzeugten elektrischen Energie gleichgesetzt wird, was einem Wirkungsgrad von 100 % gleichkommt [8].

Die geringfügigen Unterschiede in den sektorübergreifenden Nutzenergieanteilen zwischen 2021 und 2023 sind überwiegend auf veränderte Anteile der unterschiedlichen Anwendungen und Energieträger und nicht auf eine Neubeurteilung einzelner Technologien zurückzuführen. So stieg der Endenergieverbrauch im Verkehr von 2021 bis 2023 an, während er in den anderen Sektoren teils deutlich zurückging. Der nun größere Anteil des

Verkehrssektors am gesamten Endenergieverbrauch ist damit ausschlaggebend für den Rückgang des Anteils der Nutzenergie am Endenergieverbrauch. Dass bezogen auf den Primärenergieverbrauch trotzdem eine leichte Steigerung des Nutzenergieanteils von 2021 auf 2023 erfolgte, begründet sich im rückläufigen Anteil thermischer Kraftwerke im Stromerzeugungsmix.

Mit Blick auf die einzelnen Verbrauchssektoren weisen die Sektoren Industrie und private Haushalte mit jeweils ca. 80 % die höchsten Nutzenergiefaktoren auf. Dies liegt in der Dominanz von Wärmean-

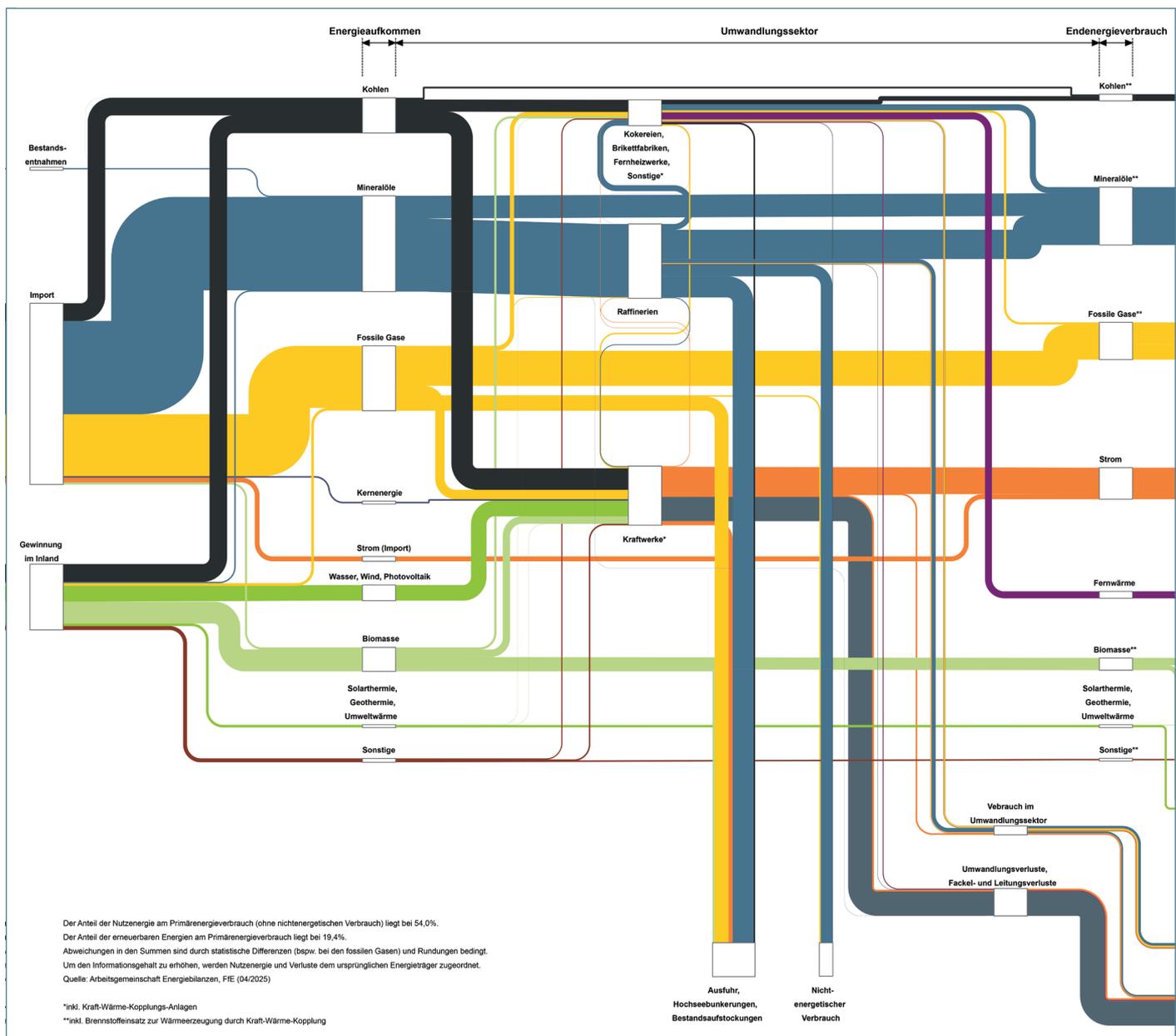


Abb. 4 Detailliertes Energieflussbild der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2023 (online abrufbar unter www.bdew.de/energie/nutzenergiebilanz)

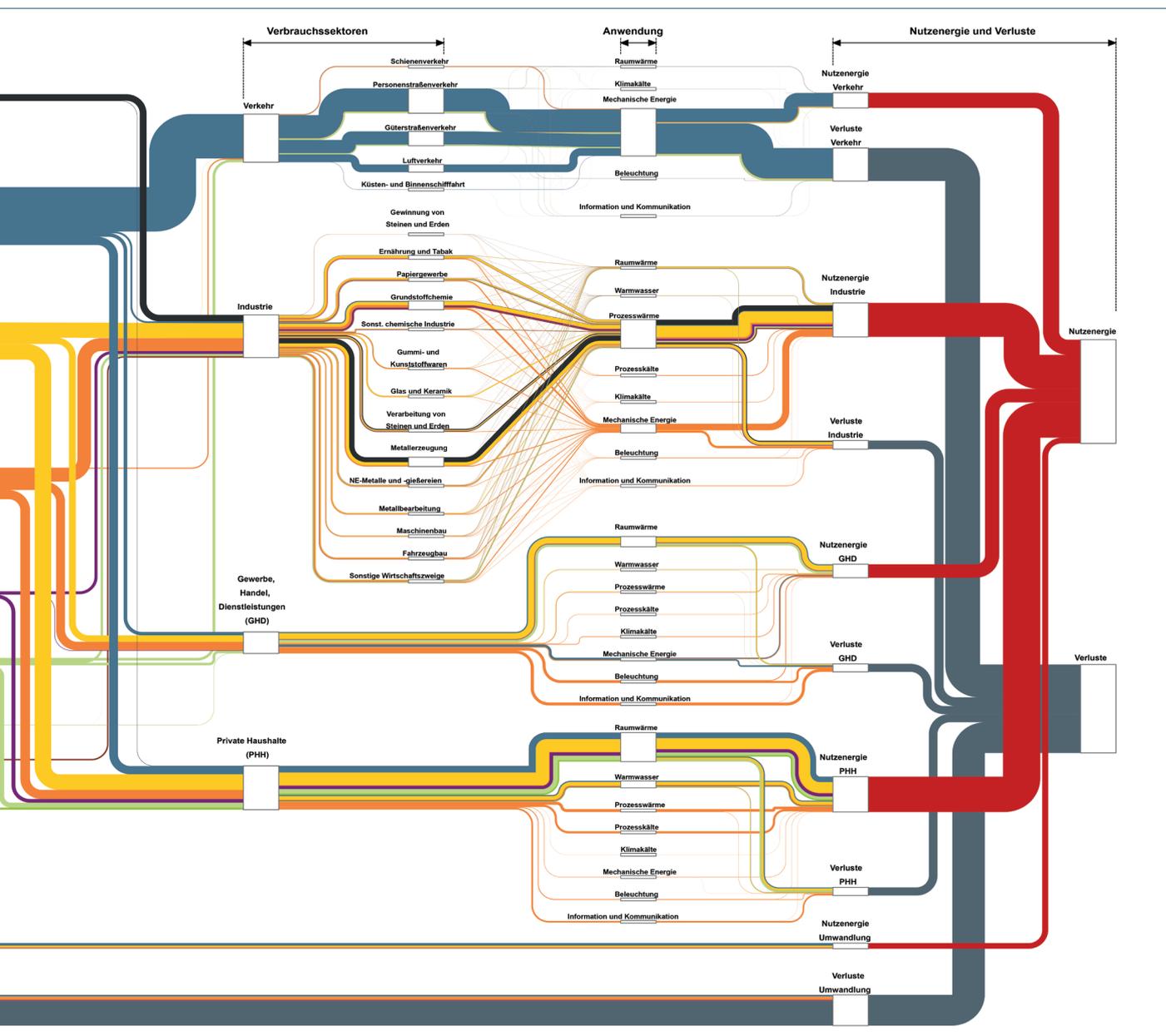
wendungen – Prozesswärme in der Industrie und Raumwärme bei den privaten Haushalten – begründet, da die Umwandlung von Endenergie in nutzbare Wärme mit geringen Verlusten behaftet ist. Dennoch sind auch für Wärmeanwendungen weitere Energiespar- bzw. Energieeffizienzmaßnahmen möglich und nötig. So hat beispielsweise die energetische Sanierung von Gebäuden zwar keine Auswirkung auf den Nutzenergiefaktor, verringert aber durch eine bessere Dämmung den bei gleicher Raumtemperatur benötigten Raumwärmebedarf und damit den Endenergieverbrauch. Durch den Technologiewechsel von Gas- und Ölheizungen auf Wärme-

pumpen lässt sich ebenfalls eine effizientere Energieträgerbereitstellung erreichen, da der unbegrenzt verfügbare Energieträger Umweltwärme genutzt werden kann und im direkten Vergleich zu Öl und Gas deutlich weniger Strom verbraucht wird. Da in der Methodik der Energiebilanzen Umweltwärme als eigener Energieträger bilanziert wird, ist diese Effizienzmaßnahme nur sehr bedingt in dieser Art Analyse sichtbar, schmälert jedoch nicht die große Relevanz dieser Maßnahme.

Der Sektor GHD weist mit Werten zwischen 63 % und 65 % signifikant niedrigere Nutzenergiefaktoren auf. Zurückzuführen ist

dies auf den vergleichsweise hohen Anteil der Anwendungen Beleuchtung und IuK am Endenergieverbrauch in diesem Sektor. Aufgrund der zunehmenden Bedeutung der Anwendung IuK wird die verstärkte Nutzung von Abwärme zukünftig eine maßgebliche Rolle spielen. Da die Energiebilanzen die sektorinterne Nutzung von Abwärme als Nah- oder Fernwärme nicht direkt erfassen, würde diese Maßnahme nur indirekt durch eine Reduzierung des Endenergieverbrauchs für die entsprechenden Wärmeanwendungen sichtbar.

Am geringsten ist der Anteil an Nutzenergie am Endenergieverbrauch mit 32 % im



Quelle für alle Abb.: BDEW, AGE, HEA, FfE

Verkehrssektor. Dieser wird aktuell durch den Einsatz von Mineralölen für den Straßen- und Luftverkehr dominiert. Durch einen steigenden Anteil an Elektromotoren kann hier zukünftig sowohl der Endenergieverbrauch deutlich reduziert als auch der Nutzenergieanteil deutlich gesteigert werden, da Elektromotoren deutlich höhere Wirkungsgrade als Verbrennungsmotoren aufweisen.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Nutzenergieanteile (auf der Ebene des Endverbrauchersektoren Industrie, Verkehr, Haushalte und GHD) auf kurze Sicht (ein oder zwei Jahre), einmal abgesehen vom GHD-Sektor in der Zeit zwischen 2021 und 2023 keine wesentliche Veränderung aufweisen. Die Steigerung der Nutzenergieanteile auf der Ebene des Endenergieverbrauchs insgesamt dürfte vor diesem Hintergrund eher auf Strukturwandel (Energieträger und Sektoren) zurückzuführen sein.

Auf längere Sicht, also beispielsweise gegenüber dem Jahr 2007, sind hingegen bis 2023 spürbare Steigerungen der Nutzenergieanteile bzw. eine entsprechende Verringerung der Verluste in allen Sektoren zu beobachten. Diese längerfristige Entwicklung ist in erster Linie auf autonome und energiepreisgetriebene technische Entwicklungen zurückzuführen, die in der Verbreitung energieeffizienterer Investitionsgüter (Industrie, GHD) und

langlebiger energieverbrauchender Konsumgüter (Verkehr, Haushalte) ihren Niederschlag fand.

Probieren Sie es aus: Unsere interaktive Nutzenergiebilanz

Aus der Analyse der Anteile der Nutzenergie am Primär- und Endenergieverbrauch ist eine Visualisierung der unterschiedlichen Energiebilanzen in einem hochauflösenden, interaktiv nutzbaren Energieflussbild entstanden und ein zentrales Ergebnis der Zusammenarbeit von BDEW, AGEB, HEA und FfE. Mithilfe dieser online unter www.bdew.de/energie/nutzenergiebilanz downloadbaren Grafik (Abb. 4) lässt sich auf einen Blick die Energiebereitstellung und -nutzung in der Bundesrepublik Deutschland nachvollziehen und einzelne Energieträger, Sektoren und Anwendungen genauer betrachten.

Quellen

- [1] Deutsche Bundesregierung: Weniger Energieverbrauch, mehr Sicherheit, 2022, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/energieeffizienz-bundesregierung-2042178>
- [2] BMWK: Bundestag beschließt Energieeffizienzgesetz, 2023, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilung/2023/09/20230921-bundestag-beschliesst-energieeffizienzgesetz.html>

- [3] BMWK: Energieeffizienz in Zahlen – Entwicklungen und Trends in Deutschland 2022, 2022, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienz-in-zahlen-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=7
- [4] Einzelheiten vgl. AGEB. Bilanz der Nutzenergie schafft Transparenz und deckt Effizienzpotentiale auf; infoplus, 1/2024; https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2024/03/AGEB_InfoAusgabe-1-2024-9.pdf (Abrufdatum: 3.5.2025).
- [5] BDEW: Interaktive Grafik: Energieflüsse von Primär- bis Nutzenergie, 2023, <https://www.bdew.de/energie/nutzenergiebilanz/>
- [6] AG Energiebilanzen: Aufgaben und Ziele, <https://ag-energiebilanzen.de/ueber-uns/aufgaben-und-ziele/>
- [7] AG Energiebilanzen: Interaktive Grafik zeigt Energieflüsse von der Primär- bis zur Nutzenergie, 2023, <https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/nutzenergiebilanzen/>
- [8] AG Energiebilanzen, Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2019 weiter rückläufig, S.38; https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2021/02/ageb_jahresbericht2019_20200325_dt.pdf (Abrufdatum: 3.5.2025)

*D. Ruprecht und H. Kracht, Senior Research Consultants, Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FFE) e.V. München
www.ffe.de*

Erste Bilanz 2024/25: durchschnittlicher Heizverbrauch deutlich gestiegen

Der durchschnittliche Heizverbrauch der Energieträger Heizöl, Erdgas und Fernwärme ist deutschlandweit in den Monaten Oktober bis Februar im Vergleich zum Vorjahr im Mittel um 23,6 % gestiegen. Dies geht aus einer aktuellen Analyse der monatlichen Verbrauchswerte von Techem hervor.

Besonders stark betroffen ist Erdgas mit einem Anstieg von 28,2 % auf 78,3 kWh/m². Bei Fernwärme fällt die Steigerung mit 24,1 % auf 59,4 kWh/m² etwas geringer aus. Der Heizölverbrauch stieg um 18,4 % auf 82,6 kWh/m².

Insgesamt zeigen sich beim Verbrauch regionale Unterschiede: Die stärkste Steigerung bei Heizöl wurde in Thüringen mit +43,1 % (auf

94,3 kWh/m²) festgestellt. Schleswig-Holstein verzeichnete mit +4,4 % (auf 83,9 kWh/m²) den geringsten Anstieg. Sachsen-Anhalt ist mit 59,9 kWh/m² das Bundesland mit dem geringsten Heizölverbrauch. Der Erdgasverbrauch ist im Saarland mit 93,4 kWh/m² am höchsten, während Berlin mit 70,9 kWh/m² den niedrigsten Erdgasverbrauch aufweist. Und auch bei der Fernwärme führt das Saarland die Länder mit 76,2 kWh/m² an, während Berlin mit 49,4 kWh/m² auch hier am wenigsten verbraucht. Der höchste Anstieg bei Fernwärme konnte in Thüringen mit einem Plus von 45,1 % (auf 52,7 kWh/m²) gemessen werden.

Weitere Informationen unter www.techem.com